

CCS 通 函

Circular

中国船级社
(2010年)通函第58号总第58号
2010年10月8日(共1+16页)

发：本社总部有关处室，本社验船师、审图中心，有关船东、船舶管理公司，船厂、设计单位

关于下发“内河浮船坞技术要求”的通知

“内河浮船坞技术要求”是《浮船坞入级规范》关于内河浮船坞的补充内容，其主要内容由我社结合内河浮船坞的发展情况，充分吸收各调研单位的意见，通过“浮船坞规范适用性研究”项目的研究成果转化而来。

请各有关单位遵照执行。

附件：“内河浮船坞技术要求”

本通函在实施过程中如有任何疑问，请与总部：技术处 联系。

内河浮船坞技术要求

第1章 通则

第1节 一般规定

1.1.1. 适用范围

1.1.1.1. 本技术要求（以下简称“本要求”）适用于在内河水域（包括江、河、湖泊和水库）固定作业的设计举升能力在 5000 吨及以下且船长不超过 130m 的钢质浮船坞。

1.1.1.2. “本要求”适用于“本要求”生效之日及以后签订建造合同的浮船坞，包括改建的浮船坞。

1.1.1.3. “本要求”无明确规定者，应满足 CCS《浮船坞入级规范》的适用要求。

1.1.2. 定义

1.1.2.1. 除本节定义规定外，CCS《浮船坞入级规范》的相关定义适用于“本要求”。

1.1.2.2. “本要求”涉及的定义如下：

最大挠度 (μ_{\max}): 浮船坞许用静水弯矩 $M_{s\max}$ 对应的挠度值。

第2节 检验

1.2.1. 一般要求

1.2.1.1. 适用于“本要求”的浮船坞的检验应满足《内河船舶法定检验技术规则》的检验部分的相关要求。

第2章 结构与强度

第1节 通则

2.1.1. 一般要求

2.1.1.1. 本章规定适用于下列焊接构造的钢质浮船坞。

整体型：底部浮箱与两舷坞墙均为连续，且不可分离的浮船坞；

分离型：坞墙为连续而底部浮箱是非连续的浮船坞。浮箱可以是与坞墙固定连接，也可以是分离的。

2.1.1.2. 浮船坞的浮箱至少应设置一道中纵舱壁。

2.1.1.3. 浮船坞顶甲板中部 0.5LD 范围内禁止开口。

2.1.1.4. 强度校核时，通常考虑进坞船重量由龙骨墩承受。

2.1.1.5. 应考虑系泊设备、锚泊设备、起重设备等对坞体结构的影响，并采取适当的结构加强。

2.1.1.6. 应设置一套挠度仪来监测浮船坞的变形，挠度仪的报警点可选择在 0.7 倍最大挠度 (μ_{\max})，最大挠度 (μ_{\max}) 可按本章 2.2.5.1 要求确定。若不设置挠度仪，则应按本章 2.2.5 要求，配备经批准的“进坞船长—重量曲线”，且“进坞船长—重量曲线”应在浮船坞操纵室固定展示。

2.1.1.7. 除满足本章规定外，本章未涉及部分尚应满足 CCS《浮船坞入级规范》的适用要求。

2.1.2. 拖航

2.1.2.1. 如需拖航，浮船坞尚应按本章 2.2.2.4 的要求进行拖航强度计算，并考虑拖带设备的布置和相应的结构加强。

2.1.3. 材料

2.1.3.1. 浮船坞坞体结构采用的普通钢和高强度钢应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》的有关规定。如需采用其他材料，应予以特殊考虑。

2.1.4. 结构型式

2.1.4.1. 安全甲板以上建议采用纵骨架型式。

2.1.4.2. 浮箱甲板建议采用横骨架型式。

2.1.4.3. 浮箱底部建议采用横骨架型式，如需拖航则建议采用纵骨架型式。

2.1.4.4. 横舱壁扶强材建议采用水平布置。

2.1.5. 直接计算

- 2.1.5.1. 如采用直接计算法校核构件强度,则应将计算的所有相关资料提交审批。
- 2.1.5.2. 对于分离型浮船坞,尚应按本章第5节的规定进行直接计算,以校核浮箱非连续剖面处的应力集中。
- 2.1.5.3. 对于浮箱横舱壁或横向强框架间距大于六分之一坞宽的浮船坞,除按本章第3节2.3.3的规定进行横向强度校核外,尚应按本章第3节2.3.4的规定进行横向强度的有限元校核。

第2节 总纵强度

2.2.1. 一般要求

- 2.2.1.1. 应按本节规定校核坞体总纵强度,校核时应基于下述假定:
进坞船坐于龙骨墩上,且进坞船长中点与浮船坞坞长中点处于同一垂线上,浮箱甲板干舷满足CCS《浮船坞入级规范》的规定。
- 2.2.1.2. 计入总纵强度剖面模数的构件,应在浮船坞坞体中部 $0.4L_D$ 区域内保持相同的剖面,且应纵向连续。但起重机轨道不应计入剖面模数计算中。
- 2.2.1.3. 应按CCS《钢质内河船舶建造规范》第1篇2.2.6的要求,对浮船坞坞体板格及纵向构件进行屈曲强度校核。

2.2.2. 静水弯矩和波浪弯矩

- 2.2.2.1. 应按设计中认为最危险的作业工况,确定浮船坞的静水弯矩。此时可假定浮力沿浮船坞均匀分布,进坞船的重量分布可按空载排水量相当于浮船坞最大举升能力的最短船长进行分布。当载荷条件不明时,可采用2.2.2.2的假定。
- 2.2.2.2. 进坞船的重量分布曲线,可以假定为一等于船长的矩形上叠加一等长的抛物线,且抛物线部分面积为矩形面积的一半,该重量分布曲线长度可取为坞长的0.8倍。
- 2.2.2.3. 当采用2.2.2.2的假定后,且压载水呈均匀分布时,浮船坞的最大静水弯矩可按下式计算:

$$M_s = 0.327F_L \times L_D \quad \text{kN.m}$$

式中: F_L ——浮船坞设计举升能力, t,

L_D ——浮船坞坞长，m。

2.2.2.4. 浮船坞的波浪弯矩应按 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 2.2.4.5 确定。

2.2.3. 总纵弯曲强度

2.2.3.1. 应按下述工况计算浮船坞的静水弯矩沿坞长的分布：

- (1) 浮船坞在正常举升工况下，抬起最短进坞船时；
- (2) 浮船坞在举升工况下，抬起最短进坞船，龙骨墩刚出水时；
- (3) 浮船坞作业过程中可能出现的其他危险工况。（如适用时）

2.2.3.2. 各校核工况下，浮船坞计算剖面处的静水弯曲应力 σ_s 应按下式计算：

$$\sigma_s = \frac{|M_s|}{W_v} \times 10^3 \quad \text{N/mm}^2$$

式中： M_s ——计算剖面的静水弯矩，kN·m；

W_v ——计算剖面坞顶、坞底处的剖面模数， cm^3 。

2.2.3.3. 静水弯曲应力 σ_s 在坞顶、坞底处的值均应不大于 $137/k \text{ N/mm}^2$ ， k 为材料系数，见《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.3.3.3。

2.2.3.4. 当浮船坞处于拖航状态时，浮船坞计算剖面处的静水弯矩和波浪附加弯矩的合成弯曲应力 σ_1 按下式计算：

$$\sigma_1 = \frac{|M_s + M_w|}{W_v} \times 10^3 \quad \text{N/mm}^2$$

式中： M_s 、 W_v ——同本节 2.2.3.2；

M_w ——按本节 2.2.2.4 计算。

2.2.3.5. 合成弯曲应力 σ_1 在坞顶、坞底处的值均应不大于 $157/k \text{ N/mm}^2$ ， k 为材料系数，见《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.3.3.3。

2.2.4. 总纵剪切强度

2.2.4.1. 应按 CCS《浮船坞入级规范》2.2.4 的规定校核浮船坞的总纵剪切强度。

2.2.5. 进坞船长—重量曲线

2.2.5.1. 浮船坞最大挠度 (μ_{\max}) 可按下式确定：

$$\mu_{\max} = \frac{M_{S\max} L_D^2}{EI} \times 10^3 \quad \text{m}$$

式中： $M_{S\max}$ ——静水弯矩包络线最大值， $\text{kN}\cdot\text{m}$ ；

I ——船舳剖面惯性矩， $\text{cm}^2\cdot\text{m}^2$ 。

L_D ——浮船坞坞长， m 。

2.2.5.2. 对于未设置挠度仪的浮船坞，可通过配备“进坞船长—重量曲线”(图 2.2.5.2)来指导浮船坞装载。在营运中，必须保证进坞船的重量小于或等于“进坞船长—重量曲线”中该进坞船船长对应的重量，且进坞船座于龙骨墩上，进坞船长中点与浮船坞坞长中点处于同一垂线上；若不能满足此条件，则应计算该工况下浮船坞的挠度，且不大 $0.7\mu_{\max}$ 。

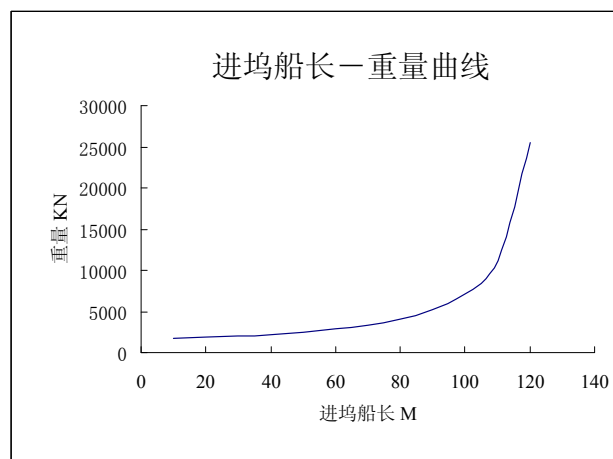


图 2.2.5.2 进坞船长—重量曲线

2.2.5.3. “进坞船长—重量曲线”可按下列方法确定：

(1) 确定浮船坞的许用静水弯矩： $\overline{M}_s = [\sigma] \cdot W_{\min} \text{KN} \cdot \text{m}$

(2) 确定浮船坞的最大静水弯矩：

$$M_s = 122.63 F_L (L_D - 0.917 L_s) \times 10^{-2} \text{KN} \cdot \text{m}$$

(3) 令 $0.7 \overline{M}_s = M_s$

$$[\sigma] W_{\min} \times 0.7 = 122.63 F_L (L_D - 0.917 L_s) \times 10^{-2}$$

(4) 据此可作出“进坞船长—重量曲线”，即 $F_L \sim L_s$ 关系曲线。

式中： $[\sigma]$ —许用应力， $137/k \text{ N/mm}^2$

W_{\min} —浮船坞实船的剖面模数的最小值 cm^3

F_L —浮船坞的设计举升力， KN

L_D —坞长， m

L_s —进坞船长， m

k —材料系数，见《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.3.3.3。

第3节 横向强度

2.3.1. 一般要求

2.3.1.1. 应按本节 2.3.3 要求校核浮船坞的横向强度。

2.3.1.2. 在计算横向主要构件的剖面模数时应包含附连带板的有效宽度，带板的有效宽度可按 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.2.3.1 选取。

2.3.1.3. 如采用其他不同方法进行横向强度校核，应提供详细的技术文件以供审批。

2.3.2. 载荷

2.3.2.1. 浮船坞的横向主要受力构件在整个坞长范围内均应满足下列载荷分量的组合作用，载荷模式图见图 2.3.2.1，此时可忽略龙骨墩和边墩的重量和有关水平作用的静水压力影响：

- (1) 浮船坞自重；
- (2) 进坞船重量（墩木所受的集中力，只考虑中墩受力）；
- (3) 给定吃水作用下浮箱甲板上的静水压力；
- (4) 某一压载工况下舱内静水压力；
- (5) 浮船坞底部的外部水压力；
- (6) 计算的剖面部位上为达到重力与浮力平衡而所要求的内、外坞墙反力 R_1 、 R_2 （计算时可假定作用在内外坞墙上的反力相等，即 $R_1=R_2$ ）。

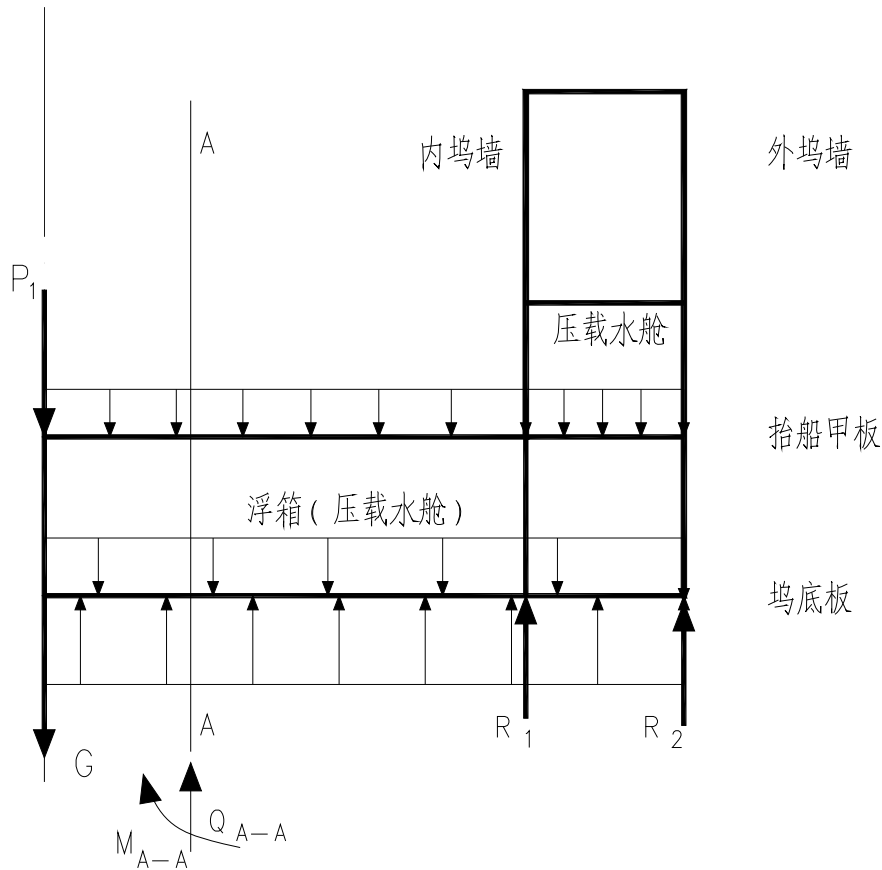


图 2.3.2.1

2.3.2.2. 某一坞宽位置处的纵剖面 A-A (见图 2.3.2.1) 上受到的横向弯矩 M_{A-A} 和 Q_{A-A} 可基于 2.3.2.1 及图 2.3.2.1 求得。

2.3.3. 横向强度

2.3.3.1. 应按下述工况校核浮船坞的横向强度：

- (1) 浮船坞在正常举升工况下，抬起最短进坞船时；
- (2) 浮船坞在举升工况下，抬起最短进坞船，龙骨墩刚出水时；
- (3) 浮船坞作业过程中可能出现的其他危险工况（如适用时）。

2.3.3.2. 应按如下规定选取计算模型：

在浮箱的横向长度上（如对称可仅取半坞宽范围）选取数个典型浮箱纵向剖面进行该剖面的横向弯曲强度和剪切强度的校核。计算剖面的纵向长度取 1/2 横舱壁间距+1 个横舱壁+1/2 横舱壁间距，垂向为坞深范围，见图 2.3.3.2 (1)，且剖面的校核位置应包括横向强度较弱处，校核剖面见图 2.3.3.2 (2)，剖面计算时

普通骨材可按面积分摊到相应板的厚度中。

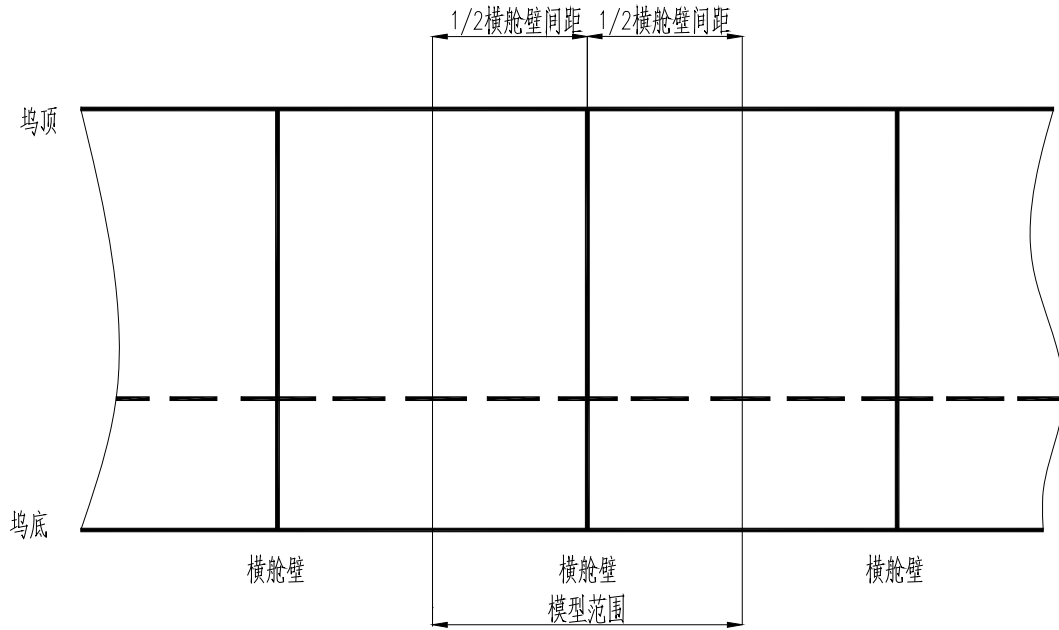


图 2.3.3.2 (1) 校核模型范围示意图

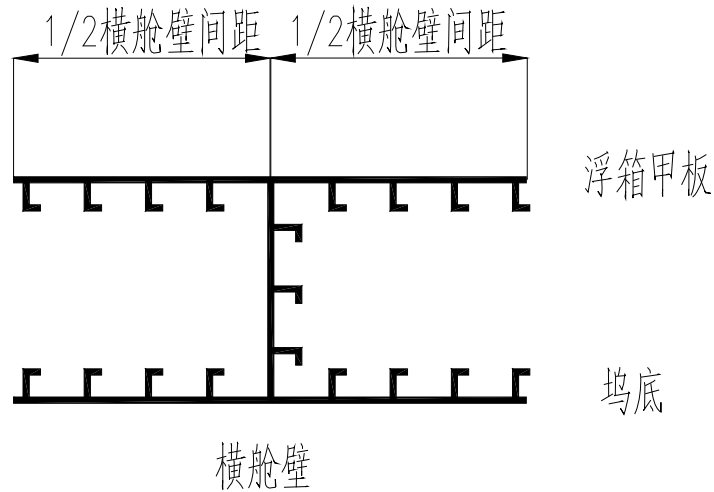


图 2.3.3.2 (2) 校核纵剖面示意图

2.3.3.3. 各校核工况下，浮船坞校核剖面处的横向弯曲应力 σ_h 应按下列式计算：

$$\sigma_h = \frac{|M_h|}{W_h} \times 10^3 \quad \text{N/mm}^2$$

式中： M_h ——校核剖面处，按 2.3.2.1、2.3.2.2 计算确定的横向弯矩，kN·m；

W_h ——校核剖面浮箱甲板、坞底处的剖面模数， cm^3 。

2.3.3.4. 横向弯曲应力 σ_h 在浮箱甲板、坞底处的值均应不大于 $141/k \text{ N/mm}^2$ ， K 为材料系数，见《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.3.3.3。

2.3.3.5. 各校核工况下，浮船坞校核剖面处的剪切应力 τ_h 应按下列式计算：

各校核工况下，浮船坞校核剖面处的剪切应力 τ_h 应按下列式计算：

$$\tau_h = \frac{QS_z}{I\Sigma t} \quad \text{N/mm}^2$$

式中： Q ——校核剖面处，按 2.3.2.1、2.3.2.2 计算确定的剪力， kN ；

S_z ——校核剖面中和轴以上构件对中和轴的静矩， $\text{cm}^2\cdot\text{m}$ ；

I ——校核剖面的惯性矩， $\text{cm}^2\cdot\text{m}^2$ ；

t ——校核剖面上横舱壁板的相当厚度， mm 。

2.3.3.6. 校核剖面上的剪切应力 τ_h 之值均应不大于 $95/k \text{ N/mm}^2$ ， K 为材料系数，见《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.3.3.3。

2.3.4. 横向强度的有限元计算

2.3.4.1. 有限元评估可按如下方法进行：

(1) 模型的建立

模型范围，纵向取“1/2 舱段 + 1 个舱段 + 1/2 舱段”，横向取整个坞宽，垂向取整个坞深。

整个坞墙和浮箱的所有主要的纵向结构和横向结构均包括在有限元模型中。所有主要板材，如坞墙板、顶甲板、安全甲板、中间甲板、浮箱甲板和坞底板、舱壁板，以及强横梁、强肋骨、桁材等主要支撑构件的腹板用板单元模拟。板材上的骨材，如纵骨、横梁、普通肋骨、主要支撑构件的面板等用梁单元模拟，桁架和撑杆也用梁单元模拟。

坞体结构有限元网格沿船壳横向按纵骨间距或类似的间距划分，纵向按肋骨间距或类似的间距大小划分，网格形状尽量接近正方形。

(2) 坐标系统的确定：

模型的总体（基本）坐标系采用右手直角坐标系，原点设在坞纵中剖面内尾垂线 0 号肋位和基线相交处：

X 轴：沿浮船坞纵向，从船尾 0 号肋位处指向坞首方向为正。

Y 轴：沿浮船坞横向，从中心线向左舷为正。

Z 轴：沿浮船坞垂向，从基线向上为正。

(3) 边界条件的选取：

约束模型的刚体平动和转动，见图 2.4.3.1。

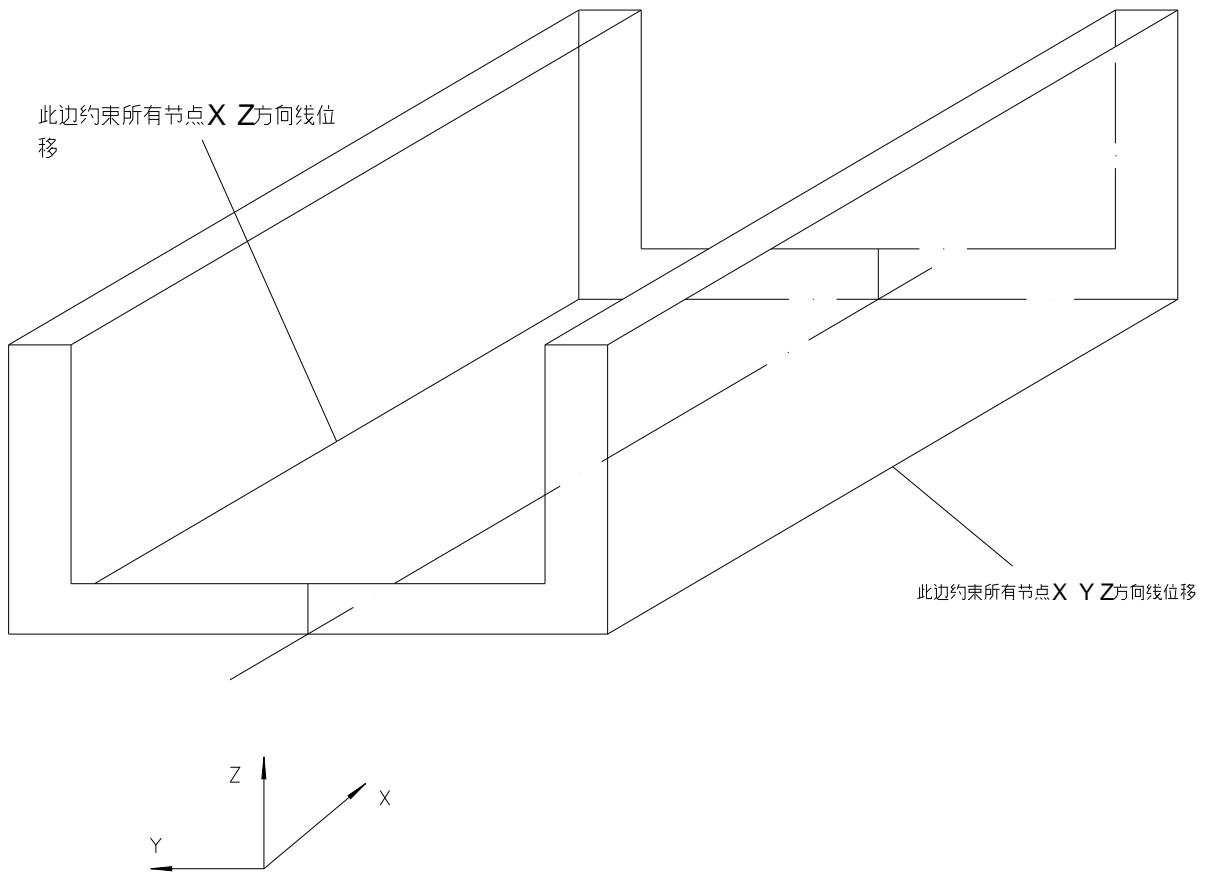


图 2.4.3.1 边界条件示意图

(4) 载荷工况及类别

载荷工况：

① 浮船坞在正常举升工况下，抬起最短进坞船时；

② 浮船坞在举升工况下，抬起最短进坞船，龙骨墩刚出水时。

载荷类别：

- ① 浮船坞的自重；
- ② 进坞船的重量；
- ③ 压载水的重量；
- ④ 舷外静水压力（不计波浪影响）；
- ⑤ 浮箱甲板水头（如有时）；

(5) 应力标准

板单元许用应力值 单位： N/mm^2

构件	$[\sigma_e]$	$[\tau]$
板单元	185/k	100/k

梁、杆单元轴向应力许用值 单位： N/mm^2

构件	$[\sigma]$
梁、杆单元	176/k

第4节 局部强度

2.4.1. 一般要求

2.4.1.1. 本节无明确规定者，应满足《浮船坞入级规范》的有关规定。

2.4.1.2. 浮船坞的构件的尺寸应不小于本节的有关规定，且应满足总纵强度、横向强度以及直接计算（如需要时）的要求。

2.4.2. 坞底板的最小板厚

2.4.2.1. 浮船坞的坞底板的最小板厚公式为：

$$t = 0.066L_D - 0.53 \quad \text{mm 且};$$

t 不得小于 6mm

式中: L_D ——坞长, m

2.4.3. 浮箱甲板的最小厚度

2.4.3.1. 浮箱甲板的最小厚度应不小于坞底板的最小厚度的 0.8 倍。

2.4.4. 纵舱壁的最小厚度

2.4.4.1. 纵舱壁的最小厚度应不小于坞底板的最小厚度的 0.9 倍。

2.4.5. 内、外坞墙板的最小厚度

2.4.5.1. 内、外坞墙板的最小厚度应不小于坞底板的最小厚度的 0.9 倍。

第5节 直接计算

2.5.1. 适用范围

2.5.1.1. 本节适用于按本章 2.1.5.2 规定应进行的直接计算校核。

2.5.1.2. 本节也可适用于浮船坞全船建模计算校核。

2.5.2. 模型建立

2.5.2.1. 水下浮箱的线型可忽略, 整船三维有限元板梁组合模型包括整个船长、船宽、型深范围的船体结构, 对局部的支撑构件如肘板等不计入模型中, 桁材、肘板的开孔忽略不计, 考虑梁的偏心, 水下浮箱的线型可忽略, 模型图如图 2.5.2.1 所示。

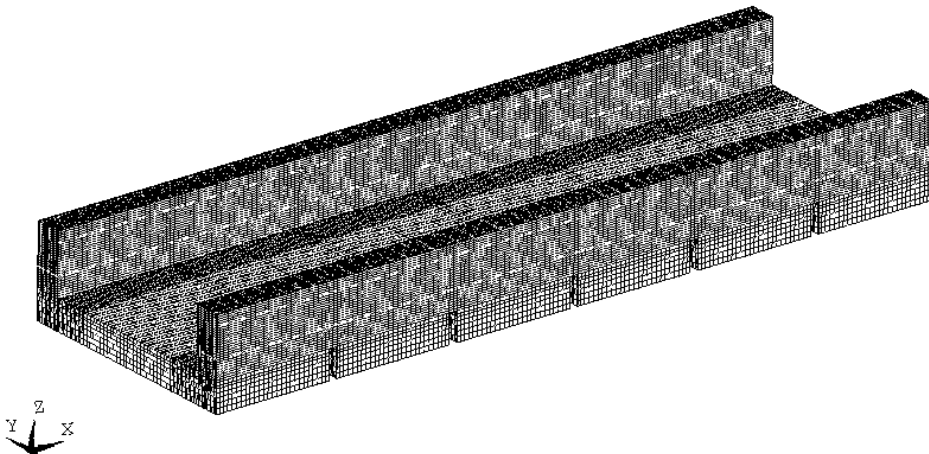


图 2.5.2.1 有限元模型示意图

- 2.5.2.2. 计算中有限元模型的坐标系统取右手坐标系统，且：
- X 方向为浮船坞的纵向，以坞首方向为正；
 - Y 方向为浮船坞的横向，以坞纵中线向左舷方向为正；
 - Z 方向为浮船坞的垂向，以基线向上为正。
- 2.5.2.3. 船体结构有限元网格沿船壳横向按纵骨间距或类似的间距划分，纵向按肋骨间距或类似的间距大小划分，网格形状尽量接近正方形。
- 2.5.2.4. 船体的外板结构，强框架、纵桁、平面舱壁的桁材、肋骨等的高腹板采用 4 节点板壳单元模拟，在高应力区和高应力变化区尽可能避免使用三角形单元，尽量少用三角形单元。
- 2.5.2.5. 对于承受水压力和货物压力的各类板上的扶强材用梁单元模拟。纵桁、肋板上加强筋、肋骨和肘板等主要构件的面板和加强筋可用杆单元模拟。若考虑到网格的布置和大小划分的困难，部分区域一个线单元可以用来模拟一根或多根梁/杆单元。
- 2.5.2.6. 舱壁最底部的单元一般情况下应尽量划分为正方形单元。
- 2.5.2.7. 对于高应力区尚应采用细化网格，细化区域网格大小为 50mm×50mm。
- 2.5.2.8. 结构计算所采用的结构尺寸应与实际构件尺寸相符。

2.5.3. 载荷

- 2.5.3.1. 计算载荷应至少包括如下项目：
- (1) 浮船坞自重；
 - (2) 进坞船的重量；
 - (3) 压载水的重量；
 - (4) 舷外静水压力（不计波浪影响）；
 - (5) 剩余压载水的重量；
 - (6) 浮箱甲板水头。
- 2.5.3.2. 当载荷条件不明时，进坞船的重量分布可采用本章第 2 节 2.2.2.2 的假定；同一纵向位置处，墩木的重量分布按中墩 100%进行。
- 2.5.3.3. 计算中需考虑的外载示意图如图 2.5.3.3 所示：

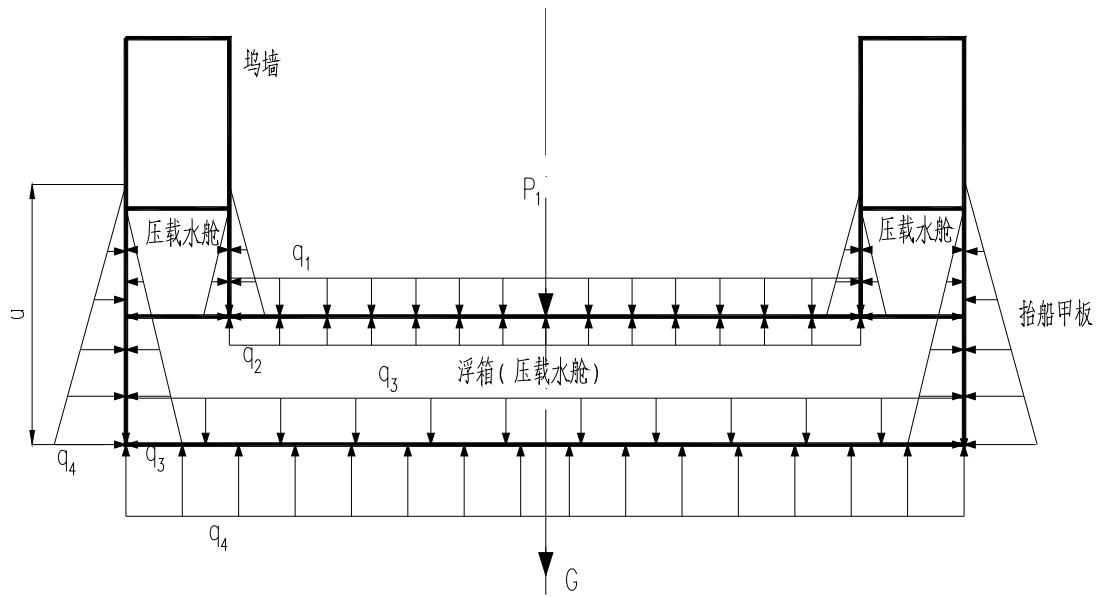


图 2.5.3.3 外载示意图

图中： d --- 计算工况对应的吃水；

q_1 --- 浮箱甲板水压头；

q_2 --- 压载水对浮箱甲板压头；

q_3 --- 压载水对船底板压头；

q_4 --- 舷外水对船体外板压头；

P_1 --- 中墩对浮箱甲板压力；

G --- 浮船坞自重；

2.5.4. 计算工况应至少包括下列工况

- (1) 浮船坞处于最大沉深时；
- (2) 浮船坞在举升工况下，抬起最短进坞船，龙骨墩刚出水时；
- (3) 浮船坞在正常举升工况下，抬起最短进坞船时。

2.5.5. 边界条件

2.5.5.1. 约束整体模型的刚体平动和转动，见图 2.5.5.1。

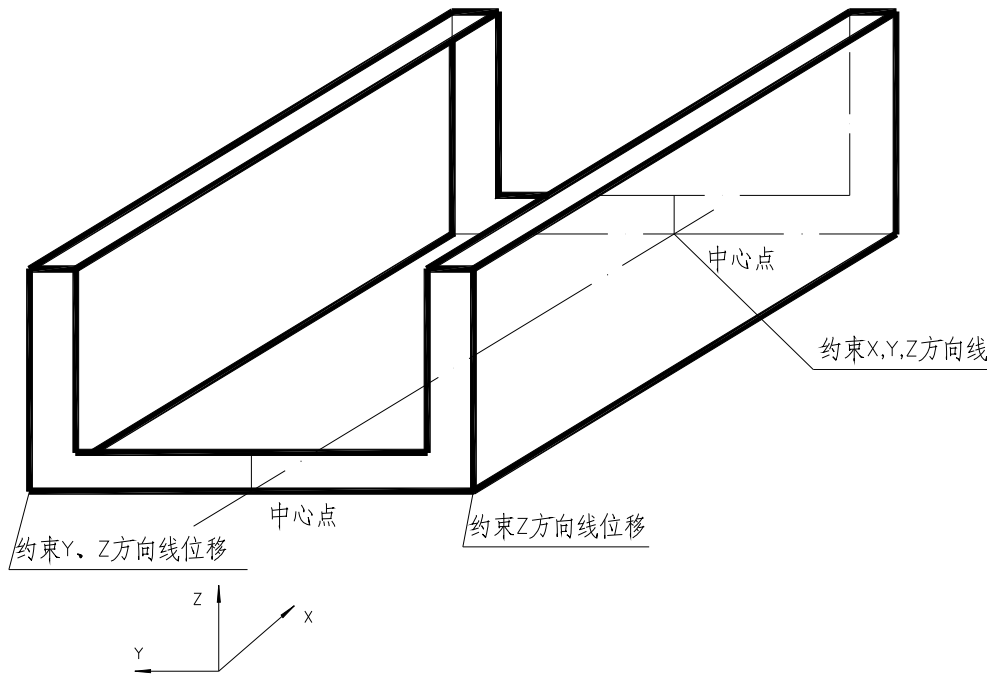


图 2.5.5.1 模型边界条件示意图

2.5.5.2. 通过平衡调整应使支座反力不大于 3%的浮船坞排水量。

2.5.6. 强度评估

2.5.6.1. 各个工况下，各构件的计算应力应不大于表 2.5.6.1 (1) 和表 2.5.6.1 (2) 中规定的相应许用应力值。

表 2.5.6.1 (1) 板单元许用应力值 单位： N/mm^2

构件	许用相当应力 $[\sigma_e]$	许用剪切应力 $[\tau]$
板单元	185/k	100/k
局部应力集中处板单元	205/k	——
细化网格区域板单元	1.7 $[\sigma_e]$ (单个单元) 1.5 $[\sigma_e]$ (临近焊缝单元)	——

表 2.5.6.1 (2) 梁、杆单元许用应力值 单位： N/mm^2

构件	许用应力 $[\sigma_{rod}]$
梁、杆单元	176/k
细化网格区域梁、杆单元	1.7 $[\sigma_e]$ 1.5 $[\sigma_e]$ (临近焊缝单元)

表中： σ_e ——板单元相当应力（即 VonMises 应力）， N/mm^2 ，该值应基于板单元形心处的中面应力；

τ ——剪切应力， N/mm^2 ，该值应基于腹板总高度的平均剪应力；

σ_{rod} ——梁、杆单元的轴向应力（不包括弯曲应力成分）， N/mm^2 ；

k ——材料系数，见《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇 1.3.3.3。